

Научно-методический семинар ИНЭИ РАН

24 мая 2012 г.

# ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ КАК ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ

Филиппов С.П., Дильман М.Д., Ионов М.С.

Институт энергетических исследований  
Российской академии наук (ИНЭИ РАН)

# Источники тепла для тепловых насосов

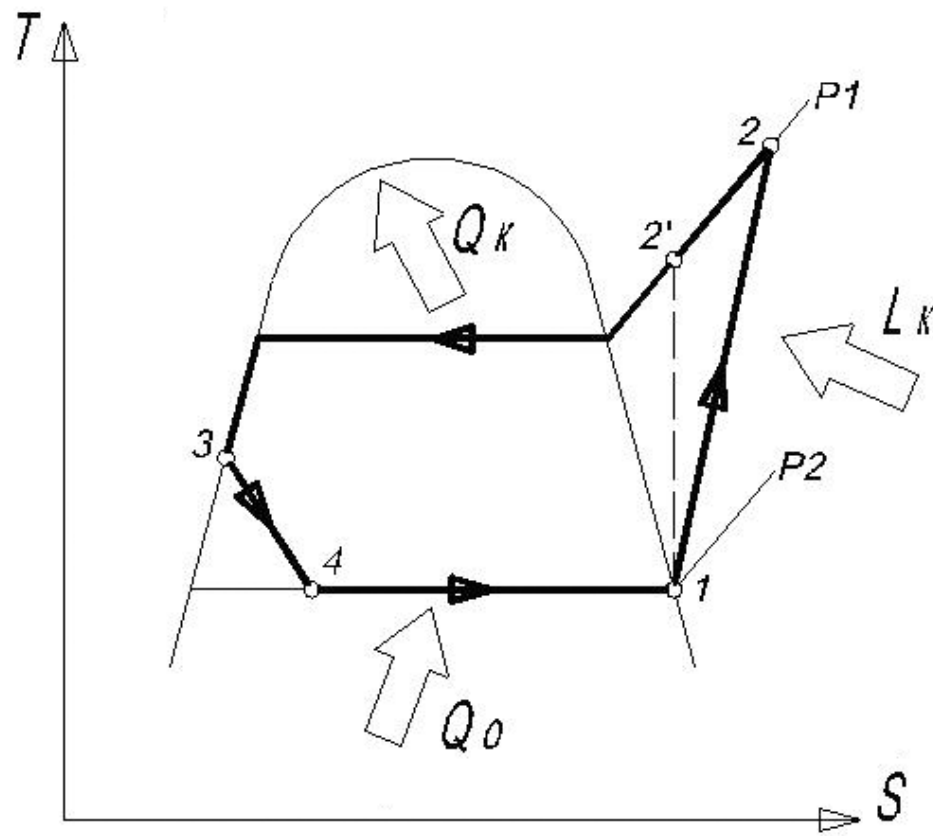
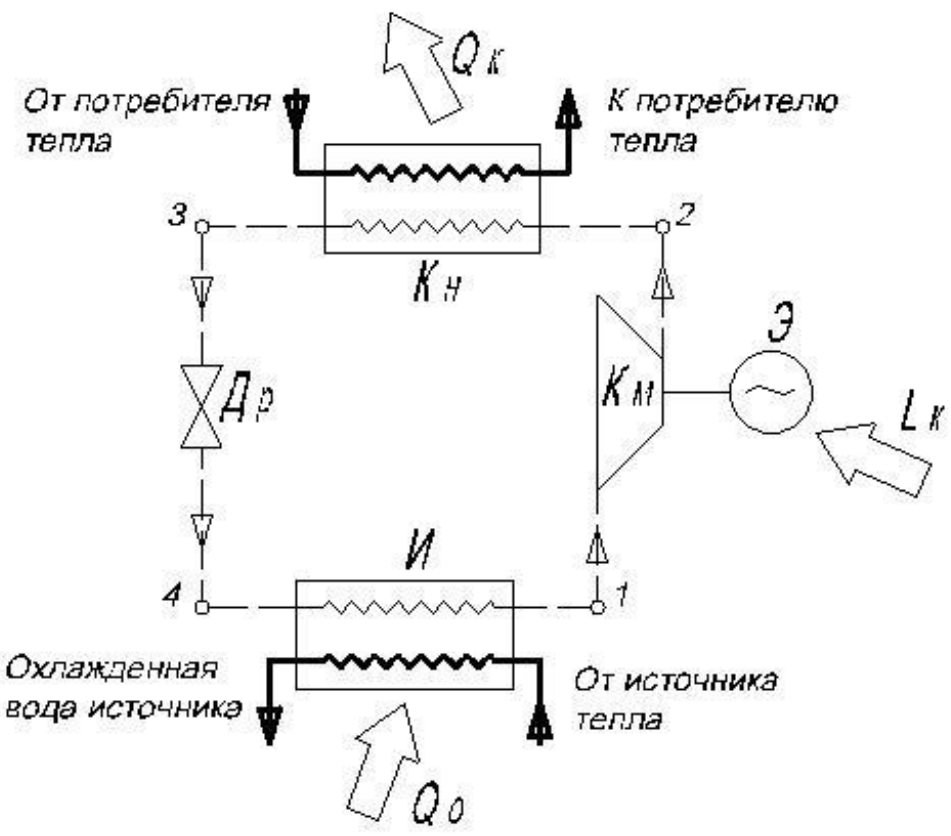
## Вторичные энергетические ресурсы:

- ❖ сбросное низкотемпературное тепло;
- ❖ тепло сточных вод;
- ❖ вентиляционные выбросы и др.

## Нетрадиционные возобновляемые источники энергии:

- ❖ тепло грунта;
- ❖ тепло наружного воздуха;
- ❖ незамерзающие водоемы
- ❖ солнечная энергия и др.

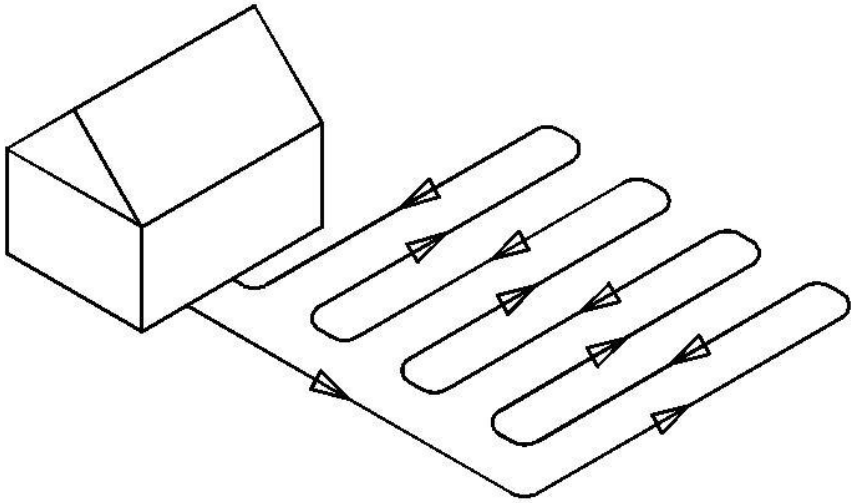
# Принцип работы компрессионного теплового насоса



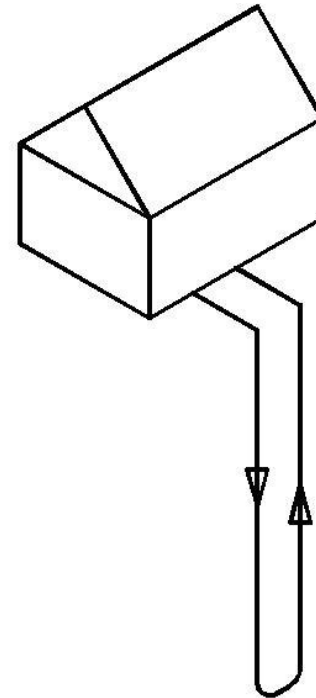
Принципиальная схема

T-S диаграмма цикла

# Грунтовые теплообменники ТНУ



**Горизонтальный**



**Вертикальный**

## Достоинства и ограничения использования ТНУ

### Достоинства:

- ❖ Экономия электроэнергии и органического топлива
- ❖ Экологически чистый источник тепла
- ❖ Затрачивая 1 кВт электрической мощности на привод насоса, можно получить 3-4 и даже 5-6 кВт тепловой мощности
- ❖ Автоматический режим эксплуатации, обслуживание - сезонный техосмотр и контроль

### Ограничения:

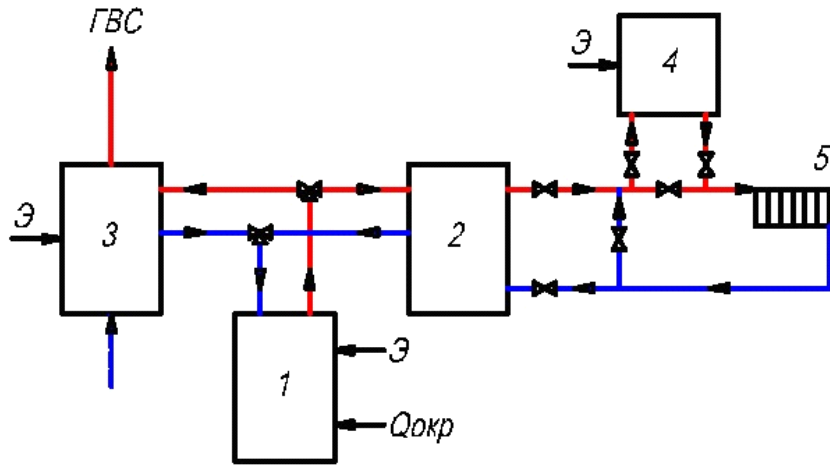
- ❖ Ограничения по температуре на выходе из теплового насоса
- ❖ Неоднородность теплового потенциала грунта в региональном разрезе
- ❖ Охлаждение грунта при эксплуатации ТНУ
- ❖ ВТНУ - снижение мощности и коэффициента трансформации от  $t_{0.c}$ , обмерзание теплообменных поверхностей испарителя
- ❖ Высокие удельные капитальные вложения

## Характеристики использования теплового насоса в автономном режиме

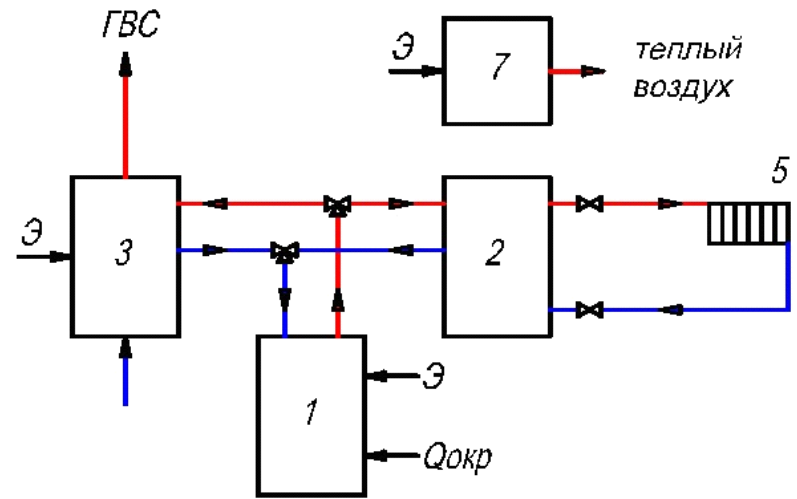
Показатель	Север	Центр	Юг
Расчетная температура наружного воздуха для проектирования систем отопления, °С	-31	-28	-20
Средняя температура отопительного периода, °С	-4,4	-3,1	0,9
Продолжительность отопительного периода, ч/год	6072	5136	4200
Предельная $t_n$ использования теплового насоса в автономном режиме, °С	-15	-13	-9
Продолжительность использования теплового насоса в автономном режиме, ч/год	5010	4480	3805
Макс. доля расчетной нагрузки отопления, покрываемая от теплового насоса, %	69	69	72

# Схемы теплоснабжения с ТНУ

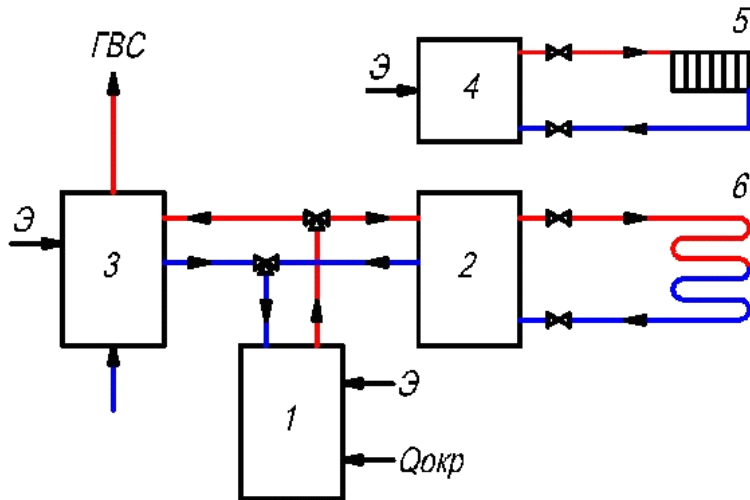
С последовательным включением электродкотла



С применением конвекторов

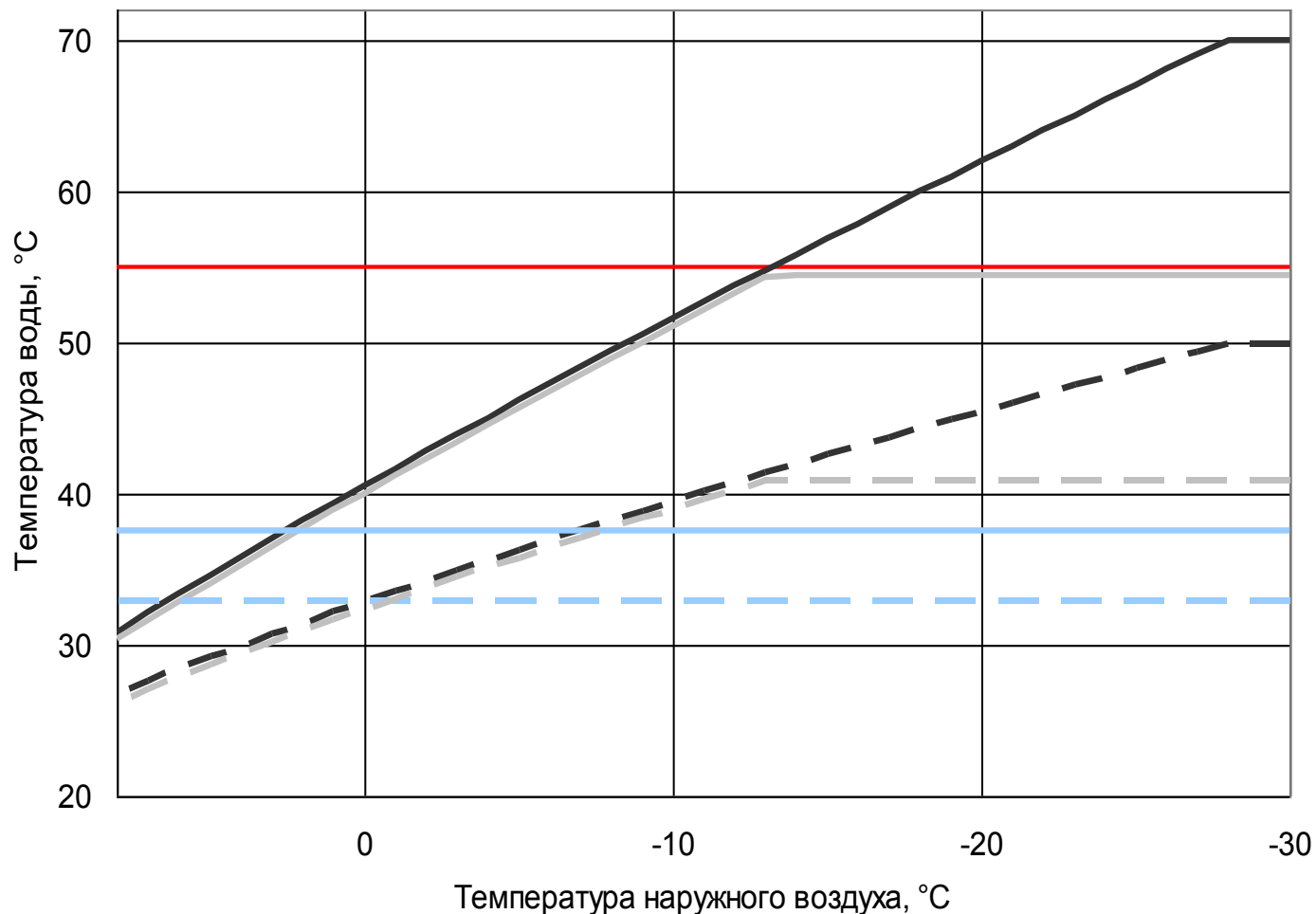


С параллельным включением электродкотла



- 1 - тепловой насос;
- 2 - буферная емкость;
- 3 - емкостной водонагреватель ГВС;
- 4 - электродкотел;
- 5 - радиаторная система отопления;
- 6 - «теплый пол»;
- 7 - конвектор (электрообогреватель)

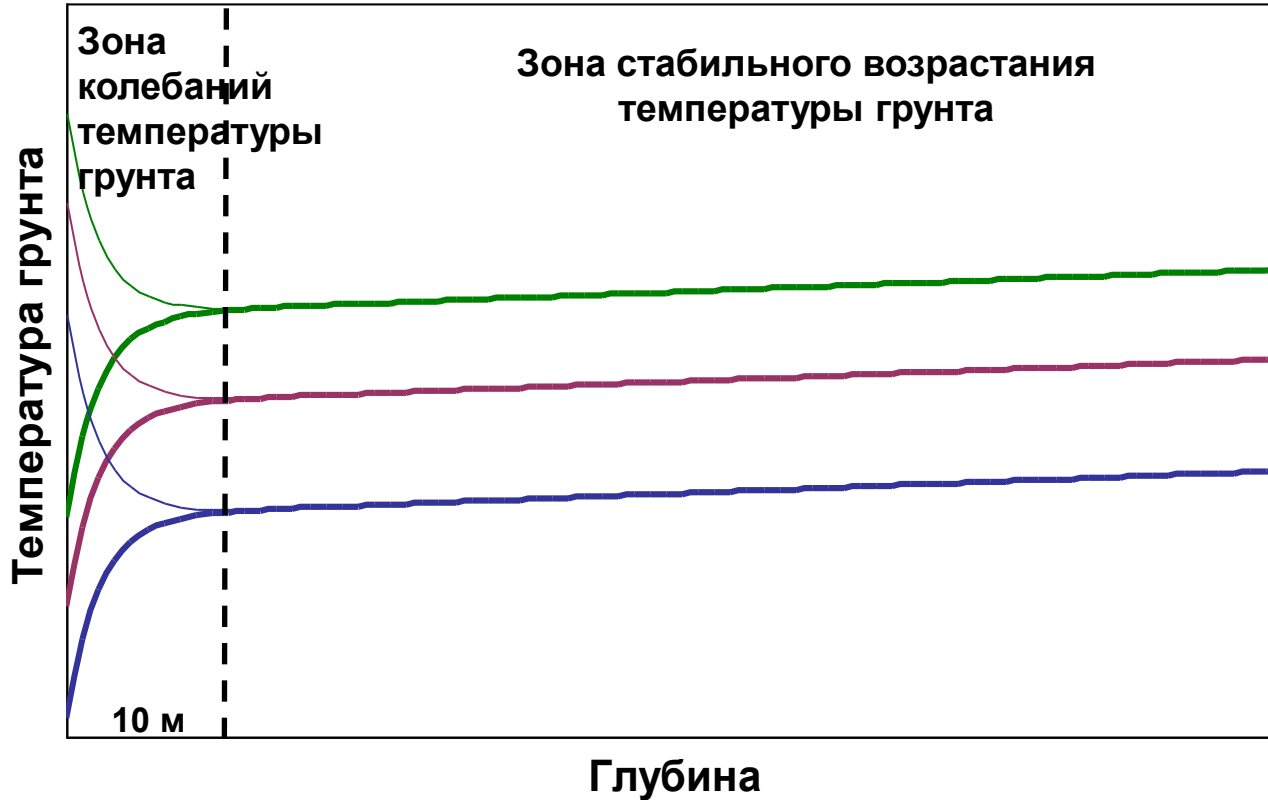
# Температурные графики системы отопления (условия Москвы)



- Максимальная температура на выходе из теплового насоса
- Последовательная схема (прямая и обратная)
- Параллельная схема (прямая и обратная)
- Система 'Теплый пол' (прямая и обратная)

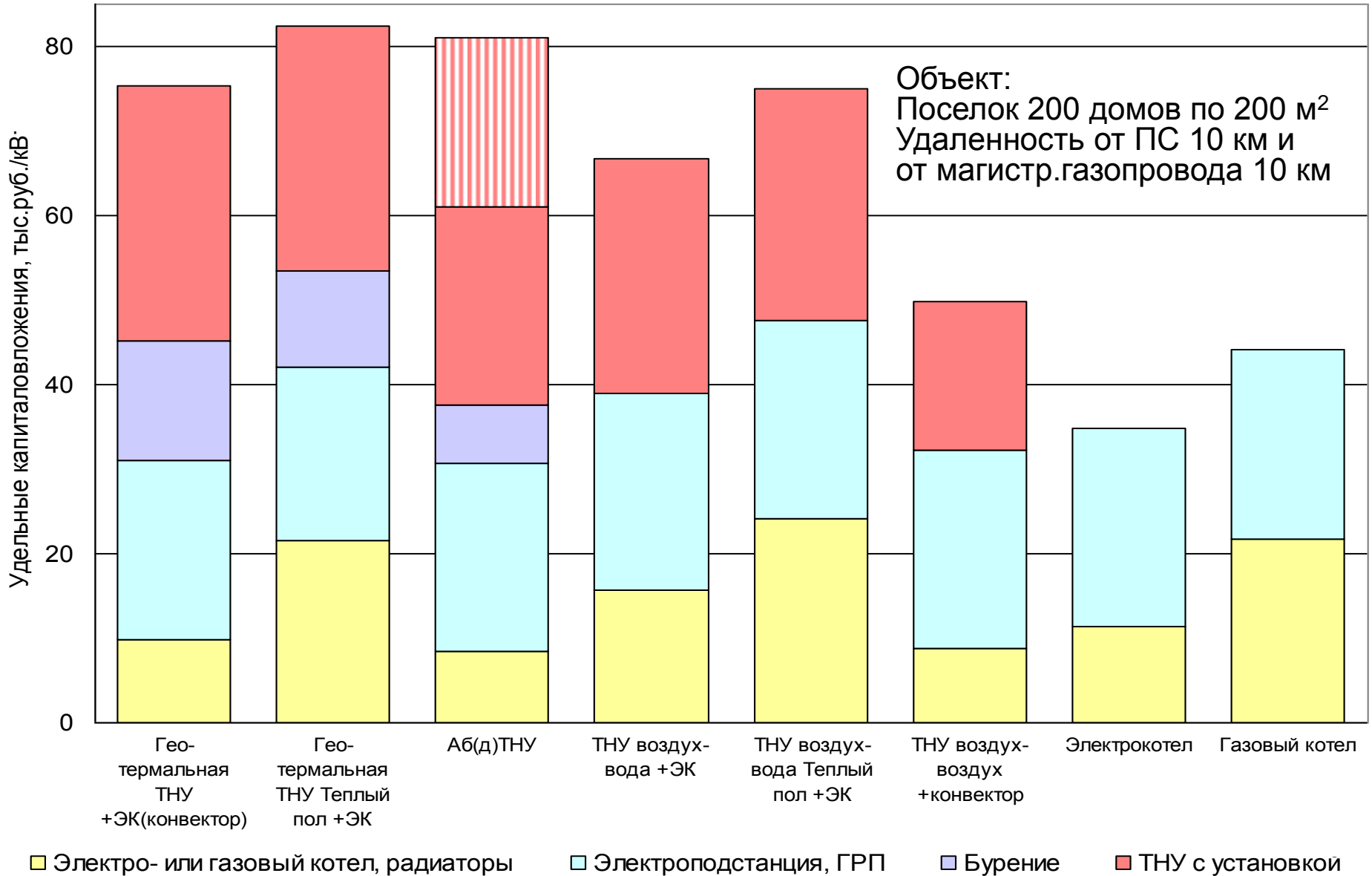


# Распределение температур грунта по глубине

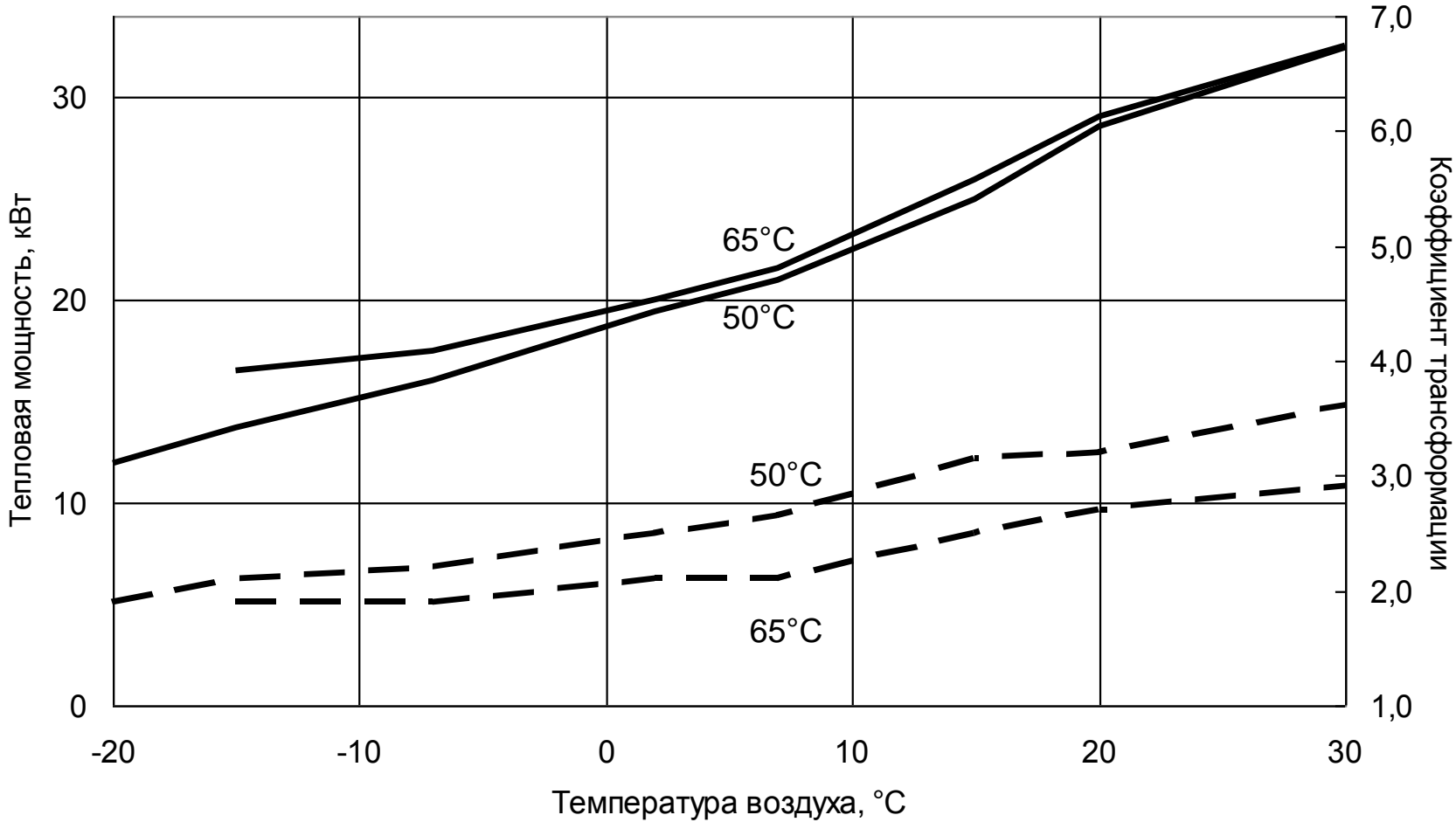


Показатель	Север	Центр	Юг
Температура грунта на глубине 50 м / 100 м, °С	4 / 5	10 / 11	15 / 16
Среднегодовой коэффициент трансформации	2,9	3,2	3,5

# Удельные капиталовложения



# Зависимость тепловой мощности и коэффициента трансформации ВВТНУ Vitocal 350 от температуры воздуха



## Методика оценки спроса на мощность тепловых насосов на цели теплоснабжения жилого сектора

**Критерий - минимум суммарных дисконтированных затрат на систему теплоснабжения поселка малоэтажной застройки за расчетный период.**

➤ Прогнозы Минэкономразвития  
роста тарифов:

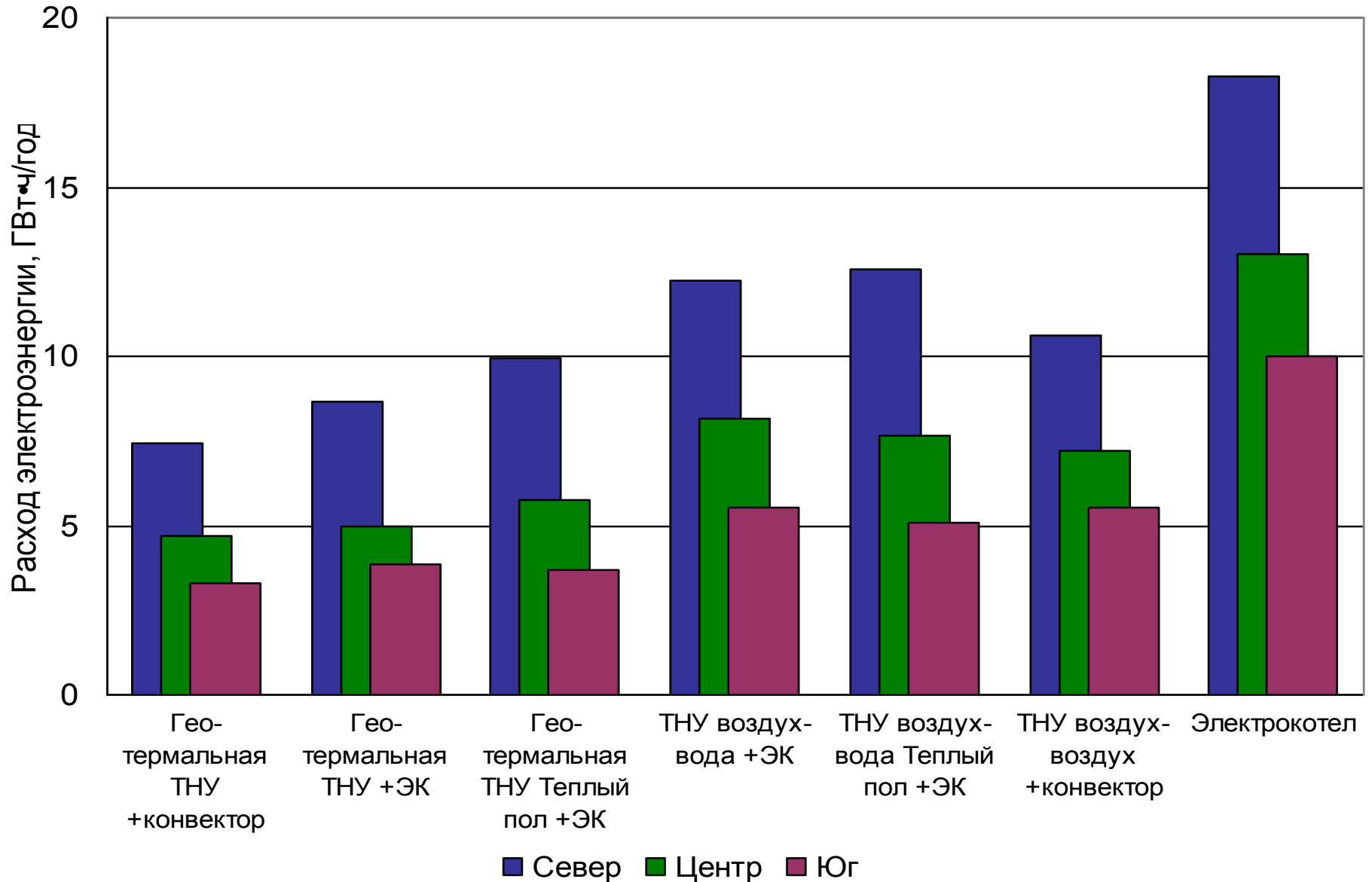
- ↗ - на электроэнергию
- ↗ - на газ
- ↗ - индексы цен

➤ Прогноз ИНЭИ РАН темпов  
малоэтажного строительства

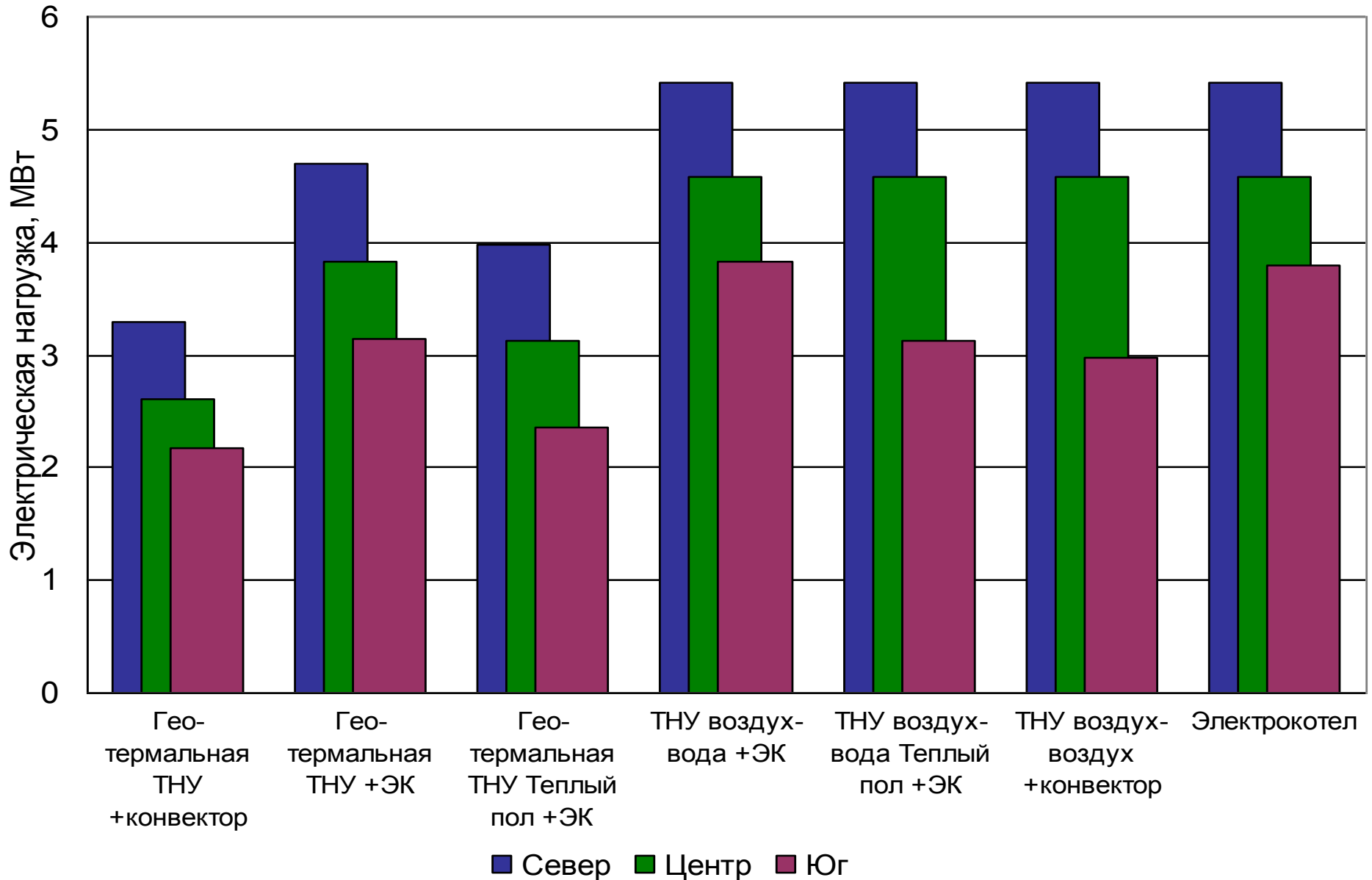
➤ Нормативы обеспечения теплом

**Спрос на мощность  
тепловых насосов на  
цели теплоснабжения  
малоэтажных жилых  
зданий**

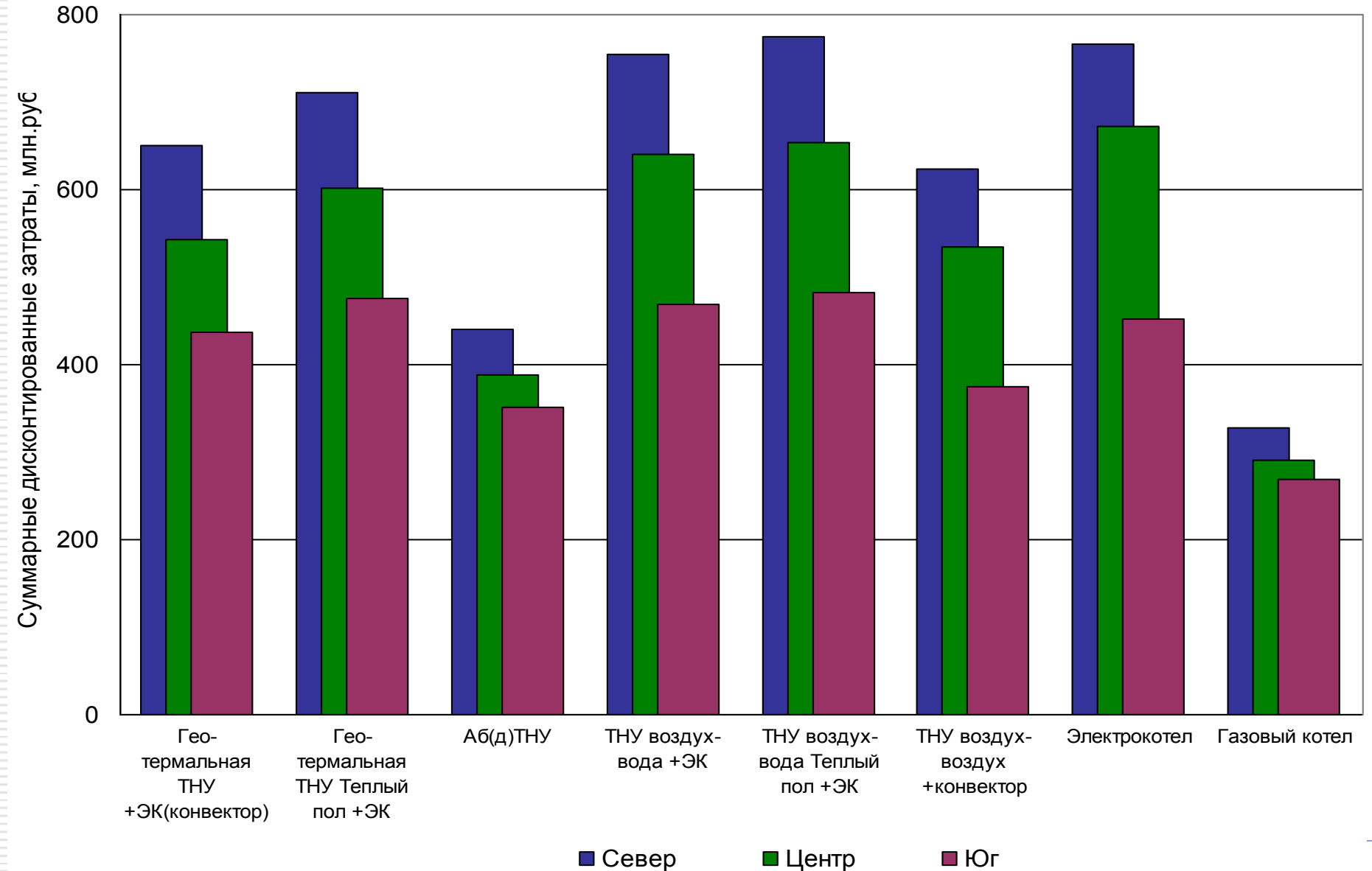
# Расход электроэнергии



# Нагрузка системы теплоснабжения

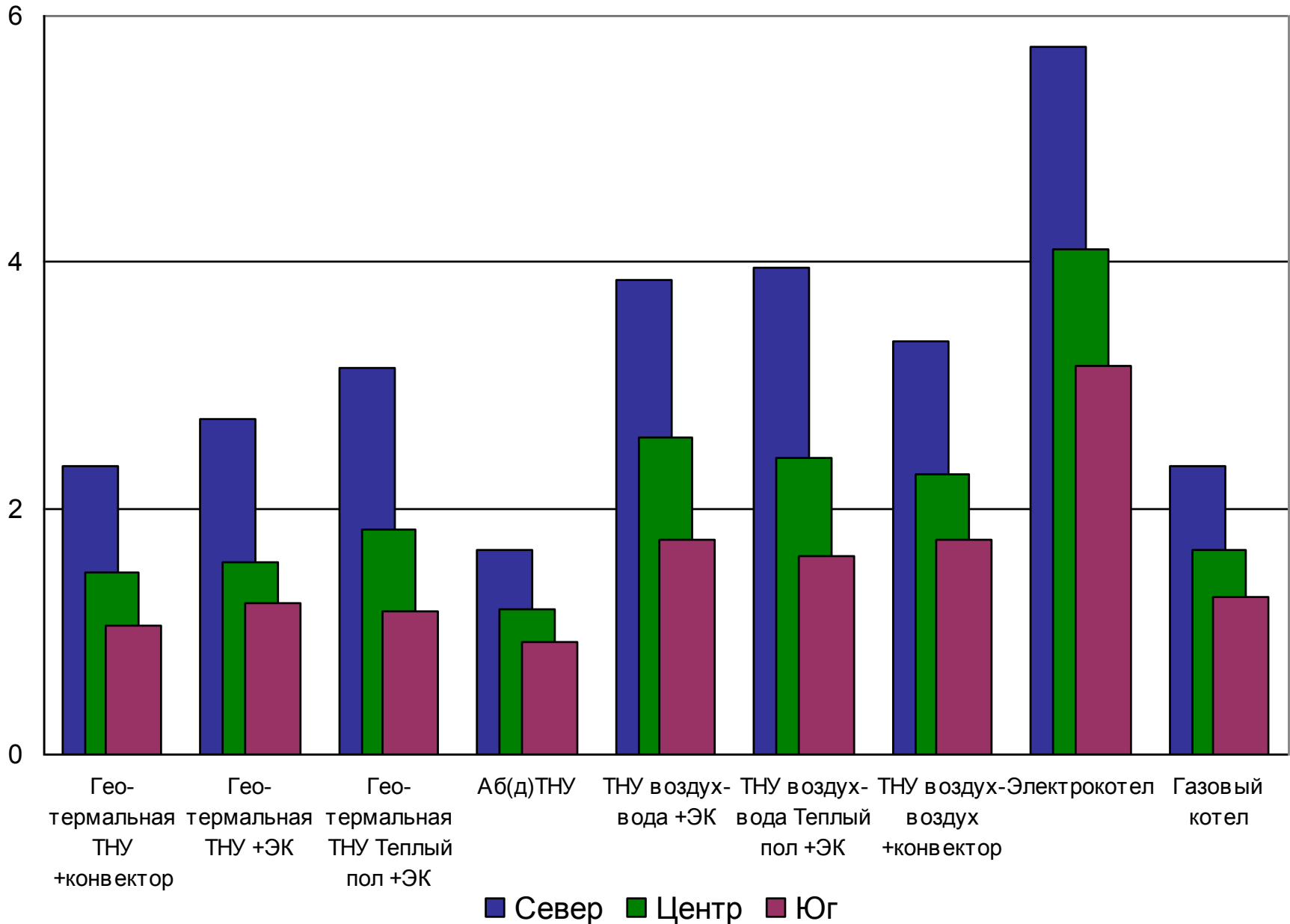


# Суммарные дисконтированные затраты



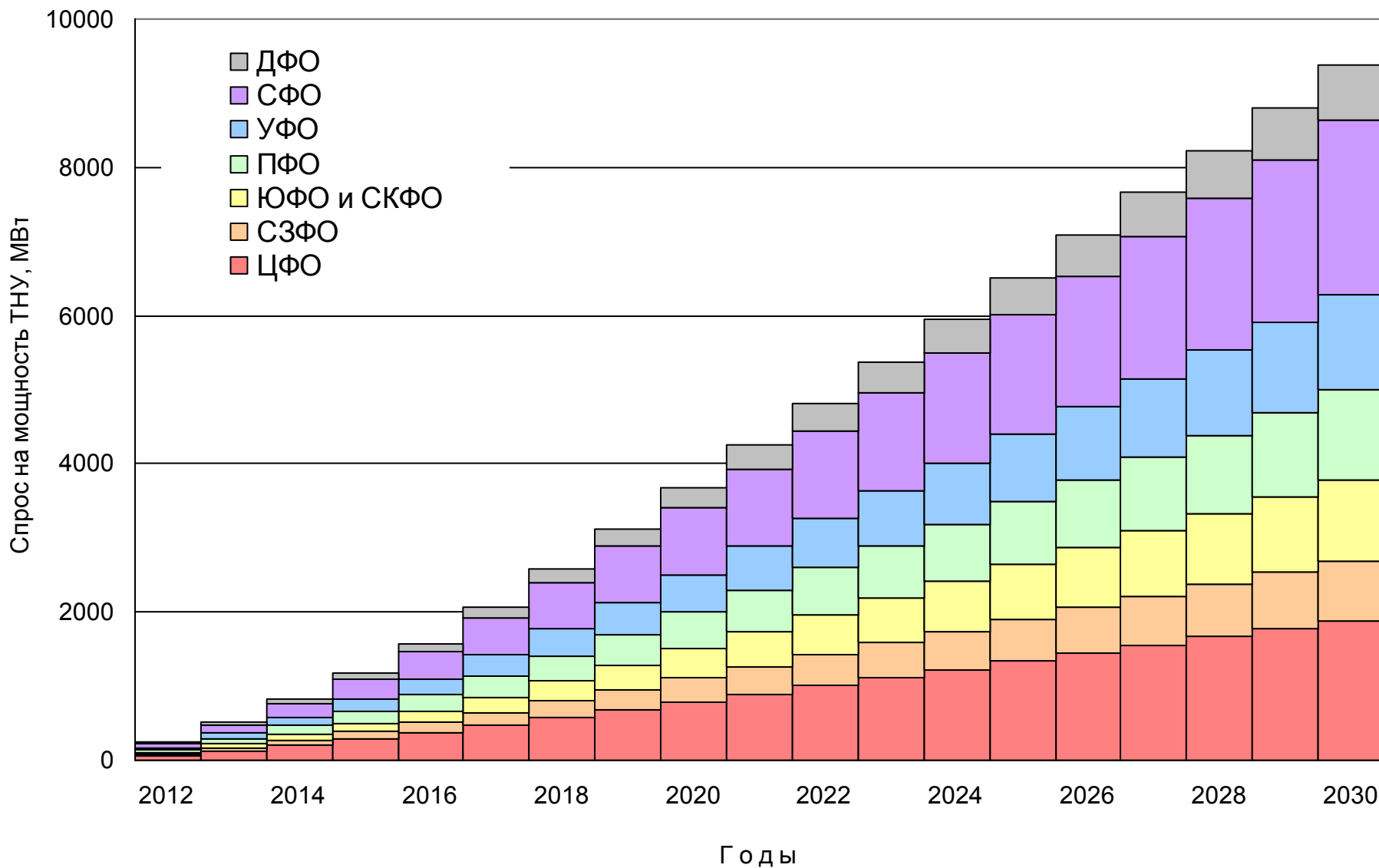
# Расход условного топлива

Расход условного топлива, тыс.т у.т./год





# Прогноз спроса на ТНУ на перспективу до 2030 г. (нарастающим итогом)



## Системы теплоснабжения на базе тепловых насосов:

- ❖ требуют больших капитальных затрат по сравнению с традиционными индивидуальными источниками тепла;
- ❖ имеют ряд ограничений, для преодоления которых необходима разработка технических и схемных решений с дополнительными капиталовложениями в источники энергии, новые рабочие тела, на усложнение термодинамического цикла;
- ❖ эффективность зависит от региона. Тепловой потенциал грунта и коэффициент трансформации растут с севера на юг; число часов использования геотермальных ТНУ с севера на юг уменьшается. На севере и в центре при использовании воздушных ТНУ требуется установка дублирующих теплоисточников.
- ❖ По критерию  $Z_{\Sigma}$  эффективны в настоящее время ограниченное число схем: ТНУ 'воздух-воздух' с конвектором, а также геотермальные ТНУ с пиковым источником и в ряде случаев с системой 'Теплый пол'.
- ❖ не могут в настоящее время конкурировать с котлами на газе. Экономическая ниша ТНУ – негазифицированные районы, и конкурирующая технология – электрокотлы.

\* \* \*

- ❖ В России до 2020 г. м.б. востребовано >400 МВт/год мощности воздушных и геотермальных ТНУ. К 2030 г. Их суммарная установленная мощность может составить 9,3 ГВт.
- ❖ Это позволит ежегодно экономить >9 млн. т у.т.

**БЛАГОДАРИМ ЗА ВНИМАНИЕ**